台灣地區水稻氮肥效應之比較與肥料推薦系統建立

Comparison of the effect of nitrogen fertilizer on rice and establishment of fertilizer recommendation system in Taiwan

江志峰[1*]

行政院農業委員會農業試驗所

*E-mail: cfchiang@tari.gov.tw

摘　要

肥料的合理運籌要圍繞全面提高群體質量指標，取得高產這個目標進行，並提高肥料的利用率和經濟效益，水稻合理施肥必然涉及其需肥量，高產水稻各生育時期的吸收百分率，水稻吸肥的營養元素來源，肥料本身的釋肥特性，不同土壤、生態條件下不同類型品種高產施肥的運籌模式和方法等問題，前人在這方面已進行了廣泛的研究，取得極為豐富的研究成果，為制定施肥策略提供了理論依據，並出版「施肥推薦手冊」，對增產起了極顯著的作用。然而，自 1980 年以後，我國水稻生產條件和以往相較，發生了很大的變化，對於水稻施肥技術需要進一步的研究，以求得發展與提高。本篇報告主要介紹水稻的一般施肥技術，主要著重於不同地區氮肥效應的比較，其目的乃根據目前各地區水稻的生產環境，制定合理的水稻氮肥施用量，並據以增修訂水稻「施肥推薦手冊」為最終目的，提供稻農應用。

關鍵詞　水稻(*Oryza sativa* L.)、氮素

前　言

水稻*(Oryza sativa* L.)是世界最重要的糧食作物之一，它維持世界 1/2 人口生活的主食，提供約 1/5 世界人口的主要熱量來源，尤其是亞洲更為重要，在我國亦為栽培面積最大的單一作物。亞洲種的水稻(*Oryza sativa* L.)被相信認為有 5000 年的栽培歷史，歷經人類在多樣的水-土-氣候環境下之選拔或馴化，加上人類的散播，各種生態遺傳歧異極為豐富，適應性極廣，從北緯 53 ° 到南緯 40 ° ；從水平面到海拔 3000 公尺；從深水到旱地皆可種植(Chang, 1976)。

台灣地處亞熱帶，地形狹長，中央山脈橫貫南北，氣候在季節風(monsoon)籠罩之下及南北長距離之緯度差異，產生不同氣候型態，整體上，雨水豐沛，高溫多溼，極適合稻的生長。稻穀產量與土壤及氣候等環境因子關係密切。我國過去已有土壤詳測資料，且氣象資料亦屬完善且氣象資料亦屬完善，可有完整資料推算各地區之作物產量。然而本省氣候特殊而且區域差異明顯，而土壤亦甚複雜，歷年少作環境與作物產量關係之試驗或調查探討，恐缺適合個別環境之所需產量資料，則所推算之相對產量，難普遍與實際產量相符。為提高產量資料之實用性，乃於不同地區及土壤，進行分不同水稻品種與氮肥等級的田間試驗，並作試驗區水稻產量調查與產量構成因子資料的收集，並探討環境、氣候、灌水及土壤各種性質與水稻產量之關係，所得結果用以推定地區、氣候各種土壤性質，對水稻產量之影響實況，轉而研定各種氣候、環境及土壤性質對水稻產量影響之輕重等級。

水稻栽培資源利用的重要性

世界上大約 79,000,000 公頃灌溉條件下種植水稻。雖然這是只有一半的水稻總面積的，它佔大約 75%的世界稻米年產量的。在亞洲，近 60%的 1.38 億公頃每年專門用於水稻生產的灌溉，這種水稻常常生長在單期作與兩到三個作物的栽培主要取決於水的有效性供應。其他稻田生態系統中，包括雨養低地（水稻總面積的 35%），其特徵是缺乏水分的控制，洪水和乾旱是潛在的問題，以及高地和深海生態系統（水稻總面積的 5%），其中收益率低，變化極大。

對水稻的需求預期將會再增長很多年，主要是因為人口增長，特別是在亞洲，預計人口到 2025 年將增加 35%（聯合國，1999 年）。在水稻總產的增加可能來自增加種植面積，提高單產和種植密度的提高。然而，水稻種植區範圍的擴大，將受限於農地的都市化，土地轉換工業的利用。因此，在未來的稻米供應的增加必須從提高單產和種植的強度，特別是在灌溉稻田生態系統。

大部份在亞洲的農民，目前增加的水稻產量，平均達到祇有 60%左右的收益率有可能達到符合現有的品種和氣候條件。主要的限因是農民為實現每單位耕地種植水稻更高的產量和較高相關盈利能力，以環境上可持續利用的栽培方式常往往是無效的使用投入（尤其是營養物質，種子，農藥）。如果滿足對糧食的需求，

對水稻生產需要，使用日益缺少的自然資源變得更有效率。更好的作物，營養，蟲害和水管理措施，以及利用種質資源具有較高的增產潛力，需要讓水稻生產是有利可圖的生產者和供應充足價格實惠給主食消費者。

水稻栽培利用區 生長期間能良好的保持灌溉水為一段時期為水稻生產對土壤的基本需求。圖 3

為台灣地區 101 年兩期作水稻利用區圖，兩期作均分佈水源區。

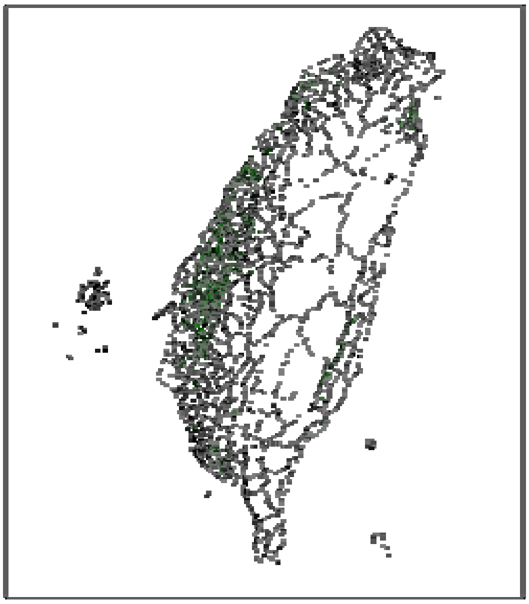

圖 1.101 年水稻兩期作水稻利用覆蓋圖(左:一期作 右:二期作)
(請參閱土壤訊應用資料庫之圖檔)

國內主要栽培品種介紹 日據時代以前台灣主要以秈稻栽培為主，經過日據時代後，引進的稉稻種植與

改良，逐漸為大眾所接受成為現今以稉稻為主的飲食習慣與栽培品種，秈稻品種則為因應糧食策略僅在少數地區推廣種植。經育種人員的努力，台灣水稻品種種類眾多，但品種與養分供應間的差異性尚無法做明確的關聯，僅列舉民國 103 年優良水稻推廣品種，以為日後說明地區性品種養分的需求與肥料推薦參考。 一般食用稉稻品種：台稉 2 號、台稉 8 號、台稉 9 號、台稉 14 號、台稉 16 號、桃園 3 號、台農 71 號、台農 77 號、台中 192 號、台南 11 號、高雄 139 號、高雄 145 號、花蓮 21 號、台東 33 號、台農 84 號。 一

般食用秈稻品種：台中秈 10 號、台農秈 22 號。

加工用秈稻品種：台中秈 17 號、台中在來 1 號。

糯稻品種：台農糯 73 號、台中秈糯 2 號、台中秈糯 1 號、台中糯 196 號。

研究目的

研發提高地區性土壤別之田塊自然供氮力，具發展潛力稻米之單位面積乾物質產量的關鍵性管理技術。

1.土壤供氮力的開發：其中包括供應容量和供應強度。田間條件下，土壤供氮量是以無氮區在採樣時土壤已提供给作物的可利用態氮量作為量度的，其中包括已被作物吸收的氮量和土壤中尚未被作物吸收的速效態氮量。在作物成熟時，由於土壤中速效氮量很低，可以直接用作物吸氮量計作土壤供氮量。但實際上，其中包括了土壤來源氮和非土壤來源氮兩個部分，因此，嚴格說來，由此計得的土壤供氮量應是田塊自然供氮量(Indigenous N)，而不是土壤供氮量(Soil supply N)。基礎產量高的田塊，施肥所能達到的產量水平也較高。

2.田塊自然供氮量的解析和預測：在用水稻進行的研究中，無論是培養法的礦化氮量，或是各種氮素有效性的化學萃取指標，均與盆栽試驗中的無氮區作物吸氮量之間有很高的相關性；但是，在許多水稻田間試驗中，這種相關性均很低，確定係數約為 0.3 或更低，只能達到半定量水平。原因可能是：(1)在田間條件下，影響土壤氮素礦化的因素多、變化大(例如，年度間和田塊間的水熱條件和耕作管理措施的變化等)；(2)僅以耕層土壤的測試作為預測依據，忽視了下層土壤來源氮和非土壤來源氮的變異。

材料與方法

試驗田區的設置

101 年水稻品種田間試驗，16 個田間試驗由北至南地區及土壤管理組類別，包括宜蘭三星(淺層排水不完全非石灰性沖積土)、桃園新屋（細質地排水良好紅壤)、桃園楊梅（細質地排水不良紅壤)、苗栗公館(淺層排水不完全非石灰性沖積土)、台中清水(淺層排水不完全非石灰性沖積土) 、南投南投(低台地細質地排水不完全沖積土、彰化溪州(低地石灰性粗質地排水良好沖積土)、雲林莿桐(低地石灰性淺層排水不完全沖積土)、雲林土庫(低地石灰性中質地排水不完全沖積土)、嘉義民雄(低台地中質地排水良好沖積土)、嘉義太保(低台地中質地排水良好沖積土)、嘉義朴子(低台地中質地排水良好沖積土)、台南東山(低台地細質地排水良好沖積土)、屏東屏東(中質地排水不完全非石灰性沖積土)、屏東恆春(低地石灰性細質地排水不完全沖積土)及本所霧峰試驗地（低台地淺層排水良好沖積土），各區試驗前的土壤肥力資料如表 1，每鄉鎮每一管理組土壤設 1 地點，每一地點面積須約 2 分地(約 2000 m^2)。

供試材料

氮肥等級採 0、90、150、210、270 kg/ha 等 5 級，每公頃 0 公斤施肥量為瞭解試驗田區的自然供氮量；90 公斤施肥量為維持穩定基本產量所需，150 公斤施肥

量為 6,000 公斤~8,000 公斤稻穀推薦施肥量，210 公斤為農民爭取高產 12,000 公斤的施肥量，270 公斤為求取水稻對高氮量之反應與求取最大生質量的氮肥量。施氮處理分別於水稻移植前、分蘗始期(一期作移植後 15 天和二期作移植後 10 天)、最高分蘗期(一期作移植後 30 天和二期作移植後 20 天)、幼穗分化期(一期作移植後 56-70 天和二期作移植後 45-53 天)施用，每公頃重分別為總氮量之 25、20、15、40%施用，磷鉀肥相同量。試驗的水稻品種依當地栽培面積較廣，且較適合的水稻品種選擇高雄 139 號、高雄 145 號、台南 11 號、台稉 8 號、台稉 9 號、台中秈 10 號、台中秈 17 號、台稉 14 號、台稉 16 號、台農 84 號、台農 71 號、台秈 2 號、台農秈 19 號、台農秈 22 號等稉稻 9 個，秈稻 5 個等 14 個品種栽種，每一鄉鎮市試區種植 5 個品種，以 3 個稉稻和 2 個秈稻為主，各品種均以行株距(30*21cm)插秧至本田，共進行 32 期次田間試驗。同時進一步探討對氮肥施用對稻穀產量的效應，並進行成熟期水稻土壤與地上部植體氮含量分析，探討不同土壤管理組的供應力。

1.調查項目：

(1) 水稻成熟期植株地上部各部位含氮量及各種氮素利用率指標參數。

(2) 氣象資料(包括溫度、濕度、日照強度、最大風力等級)的收集。試驗期間兩期作氣象資料如表 2。

2.氮素利用率指標參數 (Dobermann, A. et al.,1999) (1)配因效率或偏生產力(Partial factor productivity of applied nutrient, PFP)

PFP=Y/F or PFP=(Y0/F) + AE

(2)農藝效率(Agronomic efficiency of applied nutrient)

AE=(Y–Y0)/F or AE=RE x PE

(3)內部利用效率(Internal utilization efficiency of a nutrient)

IE = Y/ U

(4)生理利用效率(Physiological Efficiency of applied N)

PE = (Y-Y0)/(U-U0)

F　養分(肥料)施用量 (kg/ha)

Y　養分施用作物的產量(kg/ha)

Y0 無氮區作物的產量(kg/ha)

U　試驗區施肥後作物成熟期地上部吸收乾物質量 (kg/ha)

U0 試驗區不施肥後作物成熟期地上部吸收乾物質量 (kg/ha)

統計分析方法

試驗結果利用 STATISTICA 9.0 統計分析軟體(StatSoft Holdings Inc., 2009)進行辯方分析(P < 0.05)，探討處理間平均值之間的差異。

表 1. 101 年水稻一期作栽種前各田區土壤肥力狀態

試區	土壤管理組	土壤層次	pH (1：1)	TOC	Mehlich III extractable P	Mehlich III extractable K	Available N NH_4-N	Available N NO_3-N
			H_2O	g kg^{-1}	mg kg^{-1}			
宜蘭	A5b	表土	5.35	25.2	37.1	31.3	6.10	10.15
三星		底土	5.11	26.7	35.0	30.0	6.66	15.00
桃園	R1a	表土	5.26	15.2	51.3	105.7	7.58	92.20
新屋		底土	5.30	12.2	34.1	131.8	7.01	41.96
桃園	R1c	表土	5.78	42.5	50.8	133.1	14.33	2.45
楊梅		底土	5.34	45.4	40.8	131.5	13.88	3.70
苗栗	A5b	表土	5.05	28.0	72.2	89.8	4.20	33.41
公館		底土	5.27	22.6	46.5	72.7	3.92	7.50
台中	A5a	表土	5.18	29.4	38.4	44.4	6.77	4.04
清水		底土	5.02	20.0	21.9	30.9	7.04	1.62
南投	T1b	表土	5.21	38.2	25.3	72.0	5.96	7.92
南投		底土	6.58	18.6	13.7	60.6	4.52	1.82
彰化	L4a	表土	6.95	26.6	56.2	40.6	4.11	8.36
溪洲		底土	6.89	20.9	57.3	35.1	3.94	3.74
雲林	L5b	表土	6.62	19.1	51.4	50.2	2.43	9.69
莿桐		底土	6.98	15.9	37.7	54.6	2.42	3.63
雲林	L2b	表土	6.04	10.3	225.2	35.5	4.35	5.31
土庫		底土	6.55	8.3	226.5	31.9	3.35	2.88
嘉義	T2a	表土	5.13	31.7	41.0	86.9	4.56	11.28
民雄		底土	6.30	17.1	32.3	53.7	4.20	33.41
嘉義	T2a	表土	6.82	32.8	174.8	172.8	4.21	9.57
太保		底土	7.76	11.8	30.1	79.5	1.51	3.06
嘉義	T2a	表土	7.55	20.8	113.6	221.5	4.91	19.22
朴子		底土	7.89	11.5	73.0	165.1	2.99	13.48
台南	T1a	表土	6.45	24.1	58.1	92.8	6.95	11.84
東山		底土	6.19	13.0	56.7	88.3	4.09	6.19
屏東	A2b	表土	6.97	23.9	154.5	82.1	5.22	13.21
屏東		底土	7.51	5.2	20.4	35.0	1.68	2.14
屏東	L1b	表土	7.77	36.0	83.5	204.2	9.22	4.73
恆春		底土	7.92	19.6	11.6	137.2	5.48	2.96
台中	T5a	表土	6.78	15.1	81.4	73.2	3.85	6.02
霧峰		底土	6.94	13.9	76.7	71.9	4.94	2.53

表 2-1、101 年一期作生長期間氣象資料

	試區*	生育日數（天）	T_{ave} (°C)	GDD (T_{ave}-10) (°C)	T_{max} (°C)	Tmin (°C)	GDD (°C)	Pre (mm)	Rad (MJ/m^2)
1	宜蘭三星	133	24.0	1879.8	28.2	20.9	1947.4	79.8	1916.1
2	桃園新屋	133	23.7	1836.5	27.4	20.8	1892.4	85.3	2164.3
3	桃園楊梅	133	23.8	1852.8	27.6	20.9	1909.4	85.2	2187.7
4	苗栗公館	123	24.9	1851.0	28.3	22.1	1884.3	73.0	--
5	台中清水	125	24.9	1872.1	28.0	22.3	1911.4	65.8	2191.2
6	南投南投	134	24.1	1908.3	28.9	20.7	1999.7	340.6	1992.9
7	彰化溪州	130	22.7	1666.7	27.7	19.2	1757.8	1142.0	--
8	雲林莿桐	146	22.1	1782.1	27.4	18.5	1906.8	796.6	1580.3
9	雲林土庫	159	22.5	1992.2	27.7	18.9	2128.7	974.0	1715.0
10	嘉義太保	128	24.1	1823.2	29.0	20.6	1909.5	--	1690.4
11	嘉義朴子	134	23.8	1866.3	28.7	20.4	1960.4	938.5	1738.1
12	台南東山	136	23.7	1877.1	28.6	20.2	1975.2	883.0	1770.3
13	屏東屏東	125	23.7	1726.0	29.5	19.6	1830.8	34.6	1272.3
14	屏東恆春	146	23.7	2007.6	27.0	21.1	2068.3	56.2	2475.0
15	台中霧峰	161	21.0	1787.0	26.0	17.5	1904.2	60.1	2189.3

表 2-2、101 年二期作生長期間氣象資料

	試區*	生育日數（天）	T_{ave} (°C)	GDD (T_{ave}-10) (°C)	T_{max} (°C)	Tmin (°C)	GDD (°C)	Pre (mm)	Rad (MJ/m^2)
1	桃園新屋	127	23.6	1732.7	27.6	20.8	1800.	25.8	1821.4
2	桃園楊梅	128	23.6	1738.2	27.5	20.7	1806.	27.3	1821.4
3	苗栗公館	116	24.9	1729.6	29.0	21.7	1781.	14.9	--
4	台中清水	105	25.9	1664.3	29.1	23.5	1708.	57.5	1803.3
5	南投南投	103	26.0	1650.1	31.5	22.3	1738.	290.0	1651.5
6	彰化溪州	102	28.3	1867.9	34.2	21.0	1796.	158.0	--
7	雲林莿桐	113	26.3	1847.1	32.0	22.5	1950.	1031.5	1323.5
8	雲林土庫	111	25.8	1758.3	31.5	22.0	1859.	735.0	1275.5
9	嘉義民雄	122	25.0	1826.4	--	--	--	420.5	559.6
10	嘉義太保	120	25.8	1900.8	31.4	22.1	2012.	536.4	1511.7
11	嘉義朴子	111	26.4	1817.5	31.9	22.7	1920.	468.0	1467.8
12	台南東山	120	26.2	1938.4	31.7	22.5	2048.	605.5	1551.8
13	台中霧峰	120	25.1	1812.2	30.4	21.4	1909.	140.8	1761.7

*:部分試區資料未列出

結果與討論

氣象因子對水稻產量構成因子與產量之影響 本省水稻栽植時期，按地理區域而

有差異，各區一期作初期育苗或插秧不久

後遇低溫，但不影響產量。直至收穫，氣溫影響產量之因子大抵可以忽略。二期作栽培期間，氣溫、水溫皆高，常遠超過35℃，故對於水稻根之發展、養分吸收、分蘗數、開花、稔實率等等影響甚大，對於產量自有嚴重之影響。在北部區域二期作之末期，則常有低溫出現，除了對養分吸收、轉運有影響外，光合作用產物之運送亦然。氣象因子對水稻產量構成因子與產量具重大影響，本文主要以 101 年兩期作栽培期間氣象條件顯然不同，土壤管理組也不同，桃園新屋試區土壤管 理組為細質地排水良好紅壤(R1a)、台南東山試區細質地排水良好低台地沖積土 (T1a)討論。其不同施氮等級對不同品種產量構成因子，如表 3。

表 3-1、 新屋試區不同施氮等級對不同品種產量構成因子之影響

SinWu Varieties	N application (kg/ha)	Plant height(cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100 - grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield(kg/ha)
Tainan 11							
	0	73(1)	13(0)	59(1)	2.37(0.01)	98(1)	3059(158)
	90	81(1)	14(1)	43(1)	2.19(0.06)	96(1)	4220(219)
	150	86(2)	15(1)	39(0)	2.43(0.04)	97(0)	4770(243)
	210	90(4)	17(0)	34(2)	2.43(0.09)	93(0)	4917(144)
	270	91(3)	15(2)	39(4)	3.26(0.20)	96(2)	4835(137)
Taikeng 14							
	0	76(1)	11(0)	110(1)	2.32(0.02)	97(0)	2536(225)
	90	89(1)	13(0)	71(9)	2.08(0.02)	96(0)	3894(347)
	150	91(2)	14(1)	63(19)	2.34(0.11)	96(1)	4399(56)
	210	96(1)	14(1)	42(10)	2.41(0.01)	93(0)	4716(275)
	270	97(3)	16(3)	49(7)	3.16(0.27)	95(0)	5297(651)
Taikeng 9							
	0	74(2)	11(0)	106(4)	2.30(0.02)	97(1)	2638(45)
	90	79(1)	15(2)	84(15)	2.09(0.07)	93(1)	3728(604)
	150	87(3)	15(2)	62(10)	2.34(0.02)	95(3)	3801(342)
	210	89(6)	16(0)	47(1)	2.29(0.10)	93(1)	4408(917)
	270	94(3)	15(1)	50(17)	2.72(0.30)	94(3)	4625(867)
Taichung Sen 10							
	0	75(3)	14(0)	88(5)	2.32(0.08)	97(0)	3005(86)
	90	79(2)	17(2)	68(8)	2.21(0.11)	92(1)	3997(106)
	150	82(1)	17(2)	64(3)	2.39(0.06)	94(0)	4386(390)
	210	83(2)	18(3)	43(14)	2.41(0.10)	92(1)	4684(14)
	270	86(1)	16(3)	49(17)	3.20(0.08)	94(1)	4520(273)
Taichung Sen 17							
	0	69(10)	16(3)	65(27)	2.46(0.00)	95(2)	3983(807)
	90	75(7)	18(2)	70(15)	2.36(0.06)	93(2)	4655(766)
	150	80(11)	18(3)	67(17)	2.42(0.06)	94(0)	4944(723)
	210	79(8)	19(2)	44(2)	2.37(0.04)	92(1)	5288(97)
	270	84(6)	19(0)	43(16)	3.11(0.04)	93(1)	5246(462)

表 3-2、東山試區不同施氮等級對不同品種產量構成因子之影響

DongShan Varieties	N application (kg/ha)	Plant height(cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100 - grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield (kg/ha)
Tainan 11							
	0	88(0)	15(1)	114(1)	2.51(0.06)	96(0)	6985(279)
	90	93(3)	17(0)	91(2)	2.20(0.06)	95(1)	7058(248)
	150	88(2)	16(0)	98(6)	2.58(0.01)	97(0)	7043(394)
	210	90(0)	18(1)	87(4)	2.51(0.03)	92(0)	8336(523)
	270	98(5)	20(1)	71(6)	3.25(0.07)	97(0)	8799(1967)
Taikeng 16							
	0	90(4)	16(0)	122(4)	2.65(0.10)	97(3)	4658(595)
	90	95(3)	17(2)	91(8)	2.43(0.06)	93(1)	7028(584)
	150	91(3)	16(3)	81(15)	2.82(0.06)	97(0)	6471(27)
	210	95(0)	17(0)	102(4)	2.54(0.07)	92(1)	7947(789)
	270	94(8)	19(1)	76(10)	3.27(0.07)	96(1)	8396(964)
Tainun 84							
	0	83(4)	17(3)	111(24)	2.64(0.02)	98(1)	5399(372)
	90	93(3)	16(2)	102(18)	2.41(0.09)	96(1)	6545(131)
	150	91(2)	18(1)	80(14)	2.78(0.10)	98(1)	6634(185)
	210	98(7)	18(2)	77(21)	2.50(0.04)	89(5)	7590(1609)
	270	100(2)	22(4)	71(14)	3.24(0.07)	95(0)	8275(230)
Taichung Sen 10							
	0	93(0)	18(1)	112(2)	2.57(0.09)	97(1)	5525(460)
	90	98(0)	15(1)	102(17)	2.53(0.15)	95(2)	7002(678)
	150	91(5)	16(1)	104(19)	2.72(0.07)	97(0)	6602(351)
	210	97(5)	19(2)	108(8)	2.55(0.06)	93(3)	7988(234)
	270	98(2)	14(2)	125(1)	3.26(0.06)	94(1)	6852(926)
Taichung Sen 17							
	0	81(3)	16(1)	113(34)	2.53(0.10)	97(2)	7090(324)
	90	87(2)	17(1)	130(33)	2.76(0.52)	93(1)	7620(435)
	150	83(0)	18(0)	90(14)	2.66(0.05)	96(1)	8852(221)
	210	86(2)	20(2)	73(34)	2.43(0.07)	93(2)	8651(1329)
	270	92(5)	21(0)	88(1)	3.42(0.05)	98(0)	10198(899)

不同水稻氣候區的新屋與東山試區相較，其兩試區的稻穀產量隨施氮量的增加而增加，直至施氮量 210 kg/ha 稻穀產量增加已緩和。相同品種比較時，南部東山試區水稻株高均高於新屋試區，大致隨施氮量的增加而增高，除東山試區台中秈 10 號外，一穗粒數隨施氮量的增加而遞減的趨勢。

由於各試區栽種的品種略有不同，可將不同水稻品種區分稉秈兩種稻型，進行相同試區不同期作間的比較，結果顯示，新屋試區稉稻產量隨施氮量的增加稻穀產量增加的趨勢較秈稻高，但二期作時秈稻則高於稉稻，當施用至 210 kg N/ha 時稉稻稻穀產量已追至秈稻，東山試區兩稻型對於稻穀產量隨施氮量的增加變化的趨勢相同，唯一期作氮肥效應不明顯。說明秈稻對於環境適應的能力較稉稻敏感，尤其是溫度，當生長期間平均氣溫高於 24℃時，秈稻對高溫適應的能力將喪失，日本調查出穗前 10 天至成熟期最適氣溫為 21.5℃，本省人工氣候室試驗，日

溫 25℃夜溫 20℃最有利於氮之吸收及轉運至穀實，利於生殖生長，亦有 21℃為成熟期最佳氣溫之試驗結果。秈稻對地區性的土壤肥力適應力也較稉稻敏感，如在紅壤管理組的新屋試區，二期作生長期間平均溫度雖低於 24℃(23.6℃)，其平均稻穀產量也較稉稻為高。至於不同稻型稻穀產量與土壤肥力的關係，則需更多的資料為佐證。

氮肥量對水稻生長之影響 水稻單位產量的需氮量隨產量的提高而增加。將供試的不同水稻品種區分為

稉秈稻型，對於稻穀產量，呈現期作間的不同，一期作稉秈稻型稻穀產量隨氮肥施用量的增加而增加，秈稻型高於稉稻型，至 210 kg N/ha 時呈緩慢增加，稉稻型則呈降低趨勢，但兩稻型並無統計上的差異。二期作呈兩稻型呈相同趨勢，但稉稻型施用高於 90kg N/ha 後其稻穀產量高於秈稻型，兩稻型也無統計上的差異。16 個試區不同品種平均稻穀產量以氮肥施用 210 kg N/ha，平均產量為最高，一期作可達 7300 kg/ha，二期作達 6100 kg/ha，施用超過 210 kg N/ha 時，稻穀產量反而隨著施肥量之增加而減少，如圖 1。

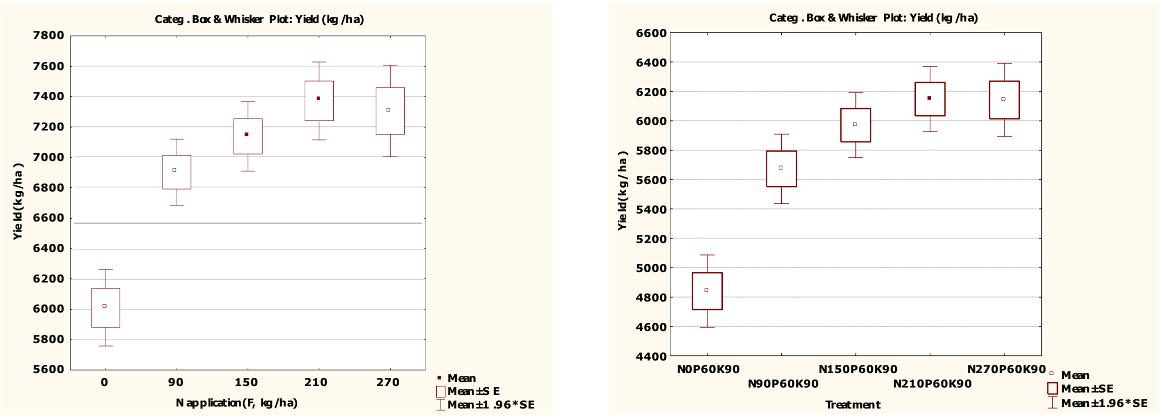

圖 1、101 年兩期作不同水稻品種氮肥施用量與稻穀平均產量關係，一期作(左)，二期作(右)，14 個品種，16 個試區(2012)。

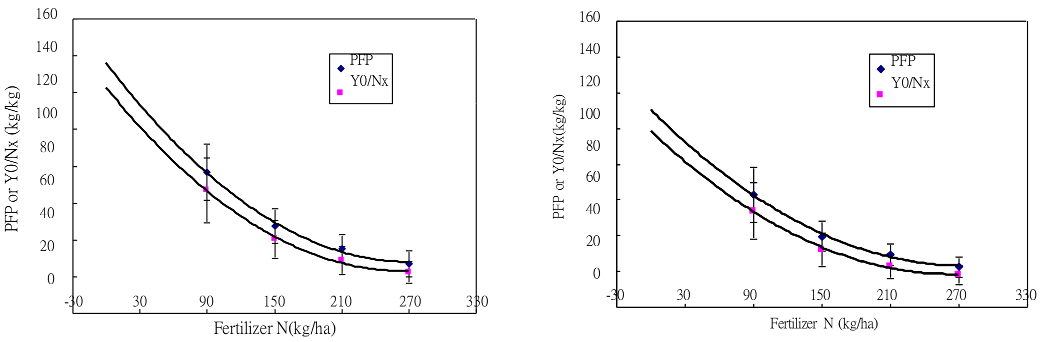

圖 2、不同水稻品種各等級氮肥施肥量下配因效率與有效田塊自然供氮力(EINS)之關係一期作(左)，二期作(右)，14 個品種，16 個試區(2012)。

各試區不同品種氮肥利用效率(PFP)兩期作均以氮肥施用 90 kg N/ha 為最高，圖 2，不同土壤管理組如施用 210 kg N/ha 也以一期作高於二期作，如圖 3，氮肥利用效率(PFP)高，可能造成水稻一期作平均稻穀產量高於二期作主要原因，提高二期作氮肥利用效率，為日後欲提高二期作稻穀產量主要研究工作。

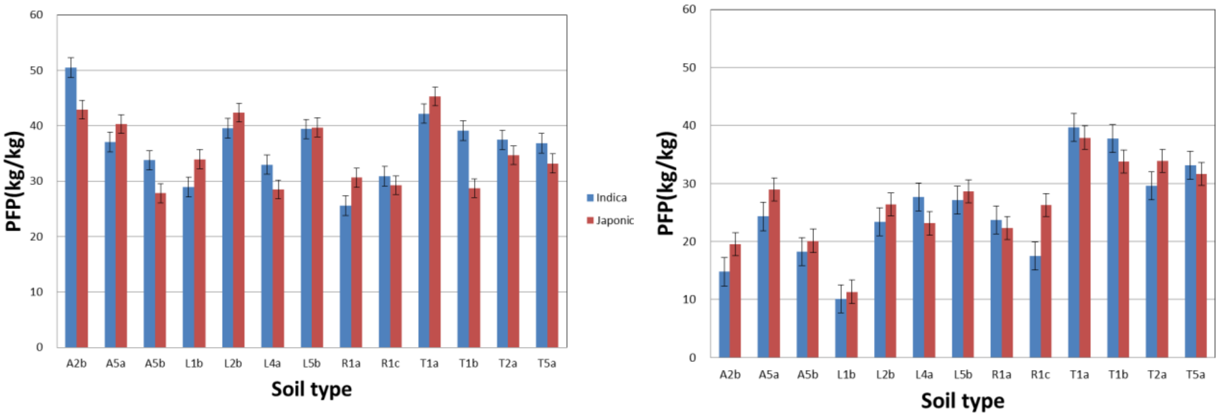

圖 3、不同水稻品種 210 kg N/ha 施肥量下不同土壤管理組與配因效率之關係一期作(左)，二期作(右)，14 個品種，16 個試區(2012)。

水稻氮肥的施用量 水稻氮素之必需量，可因品種、土壤、氣候與栽培管理方法等而有差別。為修

訂我國水稻氮肥推薦量，於本省不同氣候生態區與土壤管理組類別進行「不同水稻品種氮肥等級試驗」，茲將部分成果作檢討，期能決定各地區水稻氮肥施用大體用量，而推薦給農民使用。

氣溫與施氮量對水稻產量之影響，不考慮氮肥量外之限制因子時，台灣西部依地理位置與縣市大致可劃分桃園地區、竹苗地區、中彰投地區、雲嘉南地區、高屏地區與恆春半島等 6 個施氮肥生態區。茲將以不同氣候生態區水稻品種稻穀收量與施氮量進行曲線模型進行模擬所得迴歸線求出氮肥推薦量，如以下敘述：

桃園地區

以台南 11 號水稻品種稻穀收量與施氮量進行曲線模型進行模擬所得迴歸線，如表 4，目標產量的訂定以迴歸線 98%的產量水準，另參考 3 年度不同期作出現產量的頻率為基準。

表 4.桃園地區台南 11 號水稻品種不同氮肥等級與稻穀收量之迴歸所得施氮量

地區	期別	品種	方程式	目標產量 (kg/ha)	經濟施氮量(kg/ha)	最高施氮量(kg/ha)
桃園地區	一期作	臺南11號	Y= -0.0552X2+19.096X+5065.4 r^2=0.9663**	6600	127	219
	二期作		Y= -0.0331X2+12.456X+4061.4 r^2=0.9846**	5200	156	220

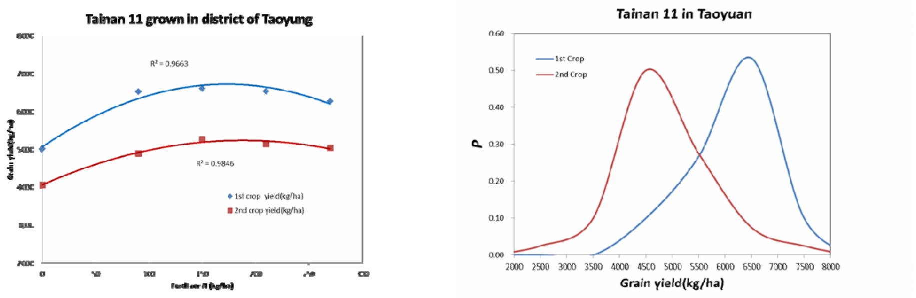

圖 4. 100-102 年桃園地區台南 11 號不同施氮量之產量效應與出現頻率

竹苗地區

竹苗水稻氣溫生態區，依此原則訂定的最適施氮肥量，如表 5 及圖 5，參照當地農民慣行施氮量約可得各生態區氮肥施用量的大概。

其中部分生態區的期作，當試驗用最高施氮量 270 kg N/ha，並未見收量減少的趨勢，如竹苗地區二期作，期收量是否為除氮量外的重要因素所決定，此必須關聯更多的田間試驗資料以釐清。

西部地區水稻氣候生態區，台南 11 號水稻品種未達目標產量所建議的施氮量，如表 7，因此建議量未考慮氮肥利用率，將另文補充。

表 5. 竹苗地區台南 11 號水稻品種不同氮肥等級與稻穀收量之迴歸所得施氮量

地區	期別	品種	方程式	目標產量 (kg/ha)	經濟施氮量(kg/ha)	最高施氮量(kg/ha)
竹苗地區	一期作	臺南11號	y= -0.0677x2+26.196x+4907.2 r^2=0.9867**	7300	148	239
	二期作		y= -0.0101x2+10.904x+3500.3 r^2=0.9405**	4800	136	943

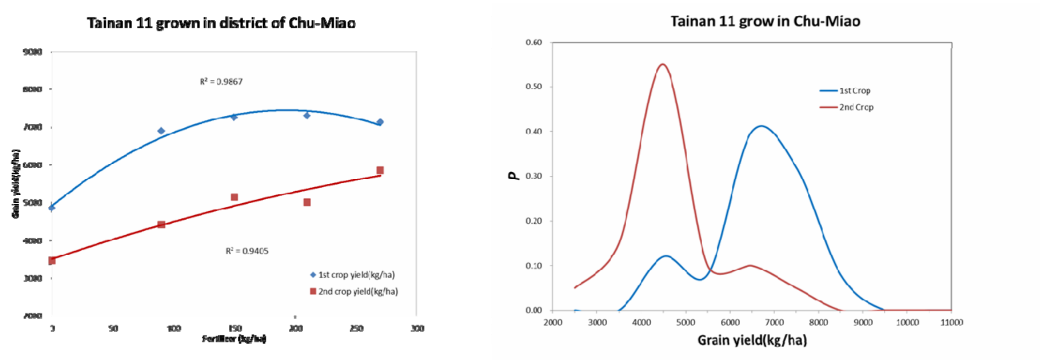

圖 5.100-102 年竹苗地區台南 11 號不同施氮量之產量效應與出現頻率

高屏地區

表 6. 高屏地區台南 11 號水稻品種不同氮肥等級與稻穀收量之迴歸所得施氮量

地區	期別	品種	方程式	目標產量 (kg/ha)	經濟施氮量(kg/ha)	最高施氮量(kg/ha)
高屏地區	一期作	臺南11號	y= -0.0072x2+10.319x+7554 r^2 = 0.9094**	9000	157	1276
	二期作		y= 0.0122x2-0.2752x+4200.8 r^2=0.9129**	4500#	168	

#:試驗受病蟲害干擾

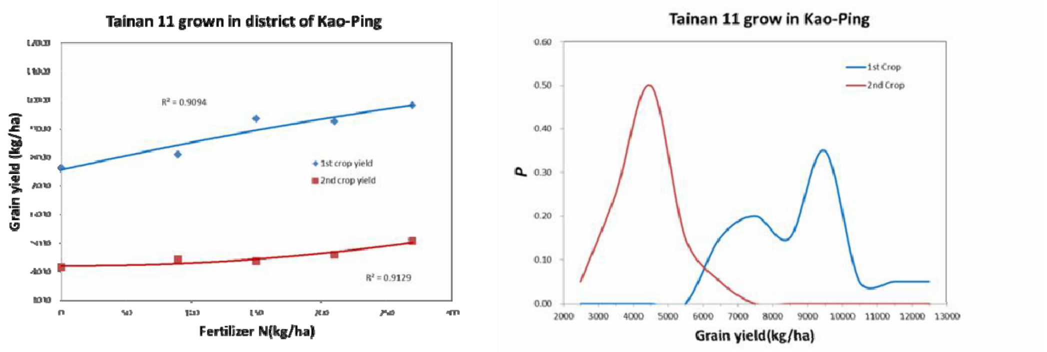

圖 6.100-102 年高屏地區台南 11 號不同施氮量之產量效應與出現頻率

表 **7.100-102** 年 **6** 期次西部地區台南 **11** 號水稻氮素施用量與目標產量

地區	期作	可決係數 r^2	目標產量 (kg/ha)	經濟目標施氮量 (kg/ha)
桃園地區	I	0.9663**	6600	127
	II	0.9846**	5200	156
竹苗地區	I	0.9867**	7300	148
	II	0.9405**	4800	136
中彰投地區	I	0.9513**	7000	142
	II	0.9971**	6000	175
雲嘉南地區	I	0.9899**	7800	213
	II	0.9834**	6000	156
高屏地區	I	0.9094**	9000	157
	II#	0.9129**	4500	168
恆春半島	I	0.9131**	7500	160
	II#	0.7553	2500	42

#:試驗受病蟲害干擾

結　論

對於「水稻施肥推薦手冊」的增訂應朝向以下方式:

1. 過去土壤肥料試驗之再檢討與資料應用，包括土壤資訊資料庫的應用。
2. 氮肥以田間肥料試驗為指標，原則以高生產力區表土壤供應力高，一期作以屏東地區為對照區，二期作以台南供水無虞的地區為對照區，酌減氮肥施用量。
3. 氣候效應高的地區，相對地最少重要因素超過一定量後，則應也酌減氮肥施用量。
4. 磷鉀肥因目前尚無完整田間試驗資料，暫以沿用過去土壤診斷分析數據，對應磷鉀肥施用量為原則。

未來展望與建議

1. 化學肥料施用量外，同時當有機肥料施用的效應未來應一併考慮。
2. 水稻肥料的施用量除與栽培法及環境條件有關外，農業經營方針及農產品的價格因素也並須納入考量。

參考文獻

1. 郭鴻裕 劉滄棽 朱戩良 江志峰 2003 台灣現行之農田土壤管理組之歸併與利用 p.1-20 土壤管理組規劃及應用研討會論文集。
2. 朱兆良 2008 "Research on soil nitrogen in China." ACTA PEDOLOGICA SINICA45(5).
3. 陳春泉 郭鴻裕 1991 台灣地區稻田生產力分級規範及調查總報告 p.13-18 農業試驗所特刊第 34 號。
4. 張仲民譯 2007 作物之營養與肥料 p.79-85 徐氏文教基金會出版.
5. Cassman, K. G., S. K. De Datta, S. T. Amarante, S. P. Liboon, M. I. Samson, andM. A. Dizon. 1996. Long-term comparison of the agronomic efficiency and residual benefits of organic and inorganic nitrogen sources for tropical lowland rice. Expl. Agric. 32:427-444.
6. Dobermann, A., C. Witt, S. Abdulrachman, H. C. Gines, R. Nagarajan, T. T. Son, P. S. Tan, G. H. Wang, N. V. Chien, V. T. K. Thoa, C. V. Phung, P. Stalin, P. Muthukrishnan, V. Ravi, M. Babu, G. C. Simbahan, and M. A. A. Adviento. 2003. Soil fertility and indigenous nutrient supply in irrigated rice domains of Asia. Agron. J. 95:913-923.